PRODUTO & PRODUÇÃO, vol. 26, n.2, p. 89-107. 2025[*].

Técnicas para garantia da qualidade: teoria e aplicação nos setores de usinagem de cinco indústrias metalmecânicas

Guilherme Paixão Tavares da Silva
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)
e-mail: guilherme.tavares18@hotmail.com

Morgana Pizzolato
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)
e-mail: morganapizzolato@ufsm.br

Rodrigo Schons Arenhart
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)
e-mail: rodrigo.schons@acad.ufsm.br

[*] RECEBIDO em 26/08/2025. ACEITO em 14/11/2025.

Resumo

O setor metalmecânico é responsável por aproximadamente 11% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro. A necessidade de consumir produtos de boa qualidade, aliada à exigência de preços competitivos, fomentou a utilização de métodos de melhoria de produção, entre os quais se destacam as ferramentas da qualidade. O objetivo desta pesquisa foi identificar as técnicas utilizadas para garantia da qualidade nos setores de usinagem de cinco indústrias do setor metalmecânico na região do Alto Tietê, no estado de São Paulo. O método utilizado foi um estudo de casos múltiplos, embasado por dados obtidos por meio de entrevistas individuais semiestruturadas com gestores, analistas e técnicos responsáveis pela gestão da qualidade nas empresas analisadas. Foi possível inferir que variáveis como o modelo de gestão adotado, o tipo de foco de fabricação das peças, a nacionalidade de origem das empresas e, principalmente, o porte destas, são fatores de diferenciação para a escolha das técnicas para garantia da qualidade das indústrias consideradas. Verificou-se também a aplicação de técnicas preconizadas pela literatura científica para garantia da qualidade nas empresas da região, principalmente nas grandes empresas de origem japonesa.

Palavras-chave: Garantia da qualidade; Setor metalmecânico; Usinagem; Entrevistas individuais semiestruturadas.

Abstract

The metalworking sector accounts for approximately 11% of Brazil's Gross Domestic Product (GDP). The need to consume good quality products, combined with the demand for competitive prices, has encouraged the use of production improvement methods, including quality tools. This research aimed to identify the techniques used for quality assurance in the machining sectors of industries in the metalworking sector in the Alto Tietê region, state of São Paulo - Brazil. The method used was a multiple case study based on data obtained through individual semi-structured interviews with managers, analysts, and technicians responsible for quality management in the companies analyzed. It was possible to infer that variables such as the management model adopted, the type of manufacturing focus, the nationality of origin of the companies, and, above all, their size are differentiating factors in the choice of quality assurance techniques in the industries considered. It was also found that the techniques recommended in the scientific literature for quality assurance are applied in the region's companies, especially in large companies of Japanese origin.

Keywords: *Quality assurance; Metalworking sector; Machining; Individual semi-structured interviews.*

1. Introdução.

Segundo a Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (FIRJAN, 2021), a indústria metalmecânica está associada às atividades de produção e transformação de metais para outras indústrias ou consumidores finais, por meio de processos mecânicos como a usinagem, soldagem, deformação plástica e fundição. Dallacorte (2019) descreve que a atuação da indústria metalmecânica na economia brasileira possui extrema representatividade, seja pelos investimentos ou pelo impacto na geração de empregos.

O relatório do Panorama da Indústria de Transformação Brasileira (FIESP, 2019) indicou que o setor metalmecânico é responsável por 11,8% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, ocupando o quarto lugar (5,3%) na participação percentual do valor adicionado na indústria de transformação. Regionalmente, São Paulo lidera o *ranking* de valor adicionado pela indústria de transformação com 260.508 bilhões de reais (BRL), representando um percentual de participação de 38,5%. Destacam-se ainda os estados de Minas Gerais e do Rio Grande do Sul, com 63.919 bilhões (9,5%) e 57.271 bilhões (8,5%), respectivamente.

De acordo com Werkema (2014), as organizações assimilaram que a venda de produtos de baixa qualidade, defeituosos ou de confiabilidade reduzida, reflete negativamente em sua competitividade. A autora destaca que, neste contexto, um dos fatores que impactam diretamente na qualidade é a variabilidade do processo produtivo.

No que tange a processos mecânicos, Gijo (2005, apud SHIVAJEE et al., 2019) relatam que a usinagem é um dos principais no setor. Os autores salientam que a utilização de técnicas estatísticas pode auxiliar nos problemas de má qualidade, causados pela variabilidade da operação. Werkema (2014) complementa que a aplicação de técnicas estatísticas, principalmente das chamadas Sete Ferramentas da Qualidade, é fundamental para a redução da variabilidade, uma vez que por meio delas é possível a identificação de causas comuns e especiais de variação do processo.

A necessidade do mercado em consumir produtos de qualidade, aliada à exigência de preços competitivos, permite aqueles que se adaptam tenham um maior destaque em relação à concorrência (AYACH et al., 2019). Desse modo, programas de melhoria da qualidade são importantes para estabelecer relações diretas com a redução de custos, melhoria de eficiência e eficácia da empresa e aumento de competitividade (MELLO et al., 2017).

No que tange à redução de custos de uma organização, Defeo e Juran (2015) argumentam que a qualidade possui uma forte influência. Os autores indicam que a ausência da qualidade tende a elevar os custos, contribuindo para o surgimento dos custos da má qualidade (ou da falta de qualidade). Contudo, quando programas de melhoria da qualidade, como *Lean Manufacturing* e Seis Sigma, são adotados pelas organizações, a redução dos custos da má qualidade e o aumento da eficiência produtiva costumam ser verificados (MONTGOMERY, 2016).

Cohen et al. (2020) acrescentam que o sucesso na implementação desse tipo de metodologia depende diretamente do uso adequado das ferramentas básicas da qualidade. Entretanto, os autores indicam a relevância da diferença entre implementá-las corretamente e identificar quais impactam no desempenho da organização de fato. Garvin (1992) apresenta um conjunto de oito dimensões da qualidade: desempenho, características, confiabilidade, conformidade, durabilidade, atendimento, estética e qualidade percebida. Essas dimensões buscam desagregar o conceito de qualidade, auxiliando na criação de estratégias organizacionais ao focar nos esforços em determinada dimensão da qualidade.

Pesquisas anteriores registraram investigações sobre parâmetros do processo de usinagem que podem afetar a qualidade (ALVES; BIANCHI; AGUIA, 2010; LIU et al., 2016; GERASIMENKO et al., 2017; HAMMES; ROSA; WALKER, 2017), bem como estudos que avaliaram a implementação de metodologias de melhoria (COHEN et al., 2020). Contudo, uma lacuna científica pode ser identificada no que se refere a adoção prática de técnicas para garantia da qualidade em empresas do setor metalmecânico. Essa carência limita a compreensão atual sobre a aplicação de metodologias baseadas em evidências científicas neste segmento industrial estratégico.

Diante deste cenário, o artigo visa identificar as técnicas utilizadas para garantia da qualidade nos setores de usinagem de cinco indústrias do setor metalmecânico na região do Alto Tietê, no estado de São Paulo. O questionamento central que orienta a investigação consiste em uma reflexão sobre as técnicas empregadas para assegurar a qualidade nos processos de usinagem, tendo em vista as dimensões

de conformidade e confiabilidade. Essas dimensões foram selecionadas como parâmetros da pesquisa pois, segundo Garvin (1992), são fundamentais nesse tipo de processo, estando interligadas, de modo que a melhoria de uma está diretamente relacionada a outra. A fim de cumprir o objetivo geral, tem-se os seguintes objetivos específicos: (i) descrever características das empresas e dos entrevistados; (ii) identificar as práticas associadas com a garantia da qualidade, considerando grupos de afinidade (matéria-prima, capacitação dos colaboradores, técnicas para garantia da qualidade e manutenção de equipamentos); (iii) sugerir fatores de decisão para escolha das técnicas de garantia da qualidade; e (iv) comparar as técnicas verificadas nas empresas da amostra e as práticas disseminadas na literatura sobre o tema.

A relevância teórica deste estudo está diretamente associada com o preenchimento da lacuna de pesquisa identificada, contribuindo para a área de conhecimento sobre gestão da qualidade em um contexto industrial. No âmbito prático, a pesquisa busca oferecer um diagnóstico da realidade local e contribuições que possam auxiliar gestores na seleção e implementação de ferramentas da qualidade, que possam resultar em ganhos de eficiência, redução de custos operacionais e consequente aumento da competitividade organizacional.

2. Revisão de literatura.

Nesta seção são abordados conceitos relacionados com as operações de usinagem, bem como a definição e avaliação da qualidade em processos produtivos e a fundamentação sobre qualidade nos processos de usinagem.

2.1. A usinagem nas operações de manufatura.

Groover (2017) define usinagem como um processo de manufatura em que se utiliza uma ferramenta afiada para cortar determinado material e obter uma forma desejada. O autor indica que a ação da ferramenta de corte promove a deformação do material por cisalhamento, formando o resíduo do processo, denominado de cavaco.

Machado et al. (2015) classificam a usinagem como um processo de fabricação dividido nas categorias convencional e não convencional. Nos processos convencionais, as máquinas, equipamentos e ferramentas empregadas são variados. No torneamento, utilizam-se tornos mecânicos universais e centros de torneamento, com ferramentas como *bits* de aço rápido e pastilhas de metal duro. Para o fresamento, são empregadas fresadoras mecânicas e centros de usinagem, utilizando fresas de topo inteiriça e fresas de topo com inserto. Na furação, são utilizadas furadeiras de bancada, de coluna, radiais e manuais, com brocas como ferramenta. O aplainamento utiliza aplainadoras e *bits* de aço rápido. No mandrilhamento, as mandriladoras empregam ferramentas de barra. No serramento, são utilizadas serras do tipo fita, excêntricas e circulares, com ferramentas como fitas, lâminas e discos. O rosqueamento envolve fresadoras e tornos de bancada, com ferramentas como machos, cossinetes e fresas. Na retificação, as retificadoras utilizam rebolos, enquanto no brochamento, as brochadeiras utilizam brochas.

A usinagem não convencional envolve processos avançados, energias alternativas e ferramentas de usinagem não convencionais. Alguns exemplos são a usinagem por eletrodeposição, a laser, por jato de água, química e eletroquímica. Machado et al. (2015) complementam que as condições ideais do processo de usinagem são capazes de produzir peças dentro de especificações de forma, dimensões e acabamento, reduzindo a variabilidade no processo e, consequentemente, os custos da falta de qualidade.

2.2. Definição e avaliação da qualidade em processos produtivos.

Carpinetti (2016) relata que o termo qualidade é um dos mais difundidos na sociedade e no âmbito empresarial. Entretanto, existe um grau de subjetividade associado à qualidade e ao uso genérico empregado para o termo com o objetivo de representar coisas distintas.

Defeo e Juran (2015) argumentam que é improvável que apenas algumas palavras possam contemplar a profundidade do conceito de qualidade. Segundo Carpinetti (2016), ao considerar a vasta

gama de características que contribuem para a qualidade, é prudente agrupá-las em atributos perceptíveis para o usuário.

Montgomery (2016) defende que a qualidade de um produto ou serviço é inversamente proporcional a sua variabilidade e que a melhoria da qualidade pode ser definida como a redução da variabilidade nos processos produtivos. Já Werkema (2014) sustenta que, para reduzir a variabilidade nos processos, é necessária a coleta, processamento e disposição de dados, visando a identificação, análise e bloqueio das causas fundamentais da variação.

Um processo de melhoria e garantia da qualidade pode ser fundamentado no modelo de gestão do Ciclo de Deming, ou ciclo PDCA (WERKEMA, 2014). Na sua utilização, são empregadas ferramentas com a finalidade de suprir os recursos necessários para a coleta, processamento, análise e disposição de informações para a condução das etapas do PDCA: planejamento, execução, verificação e ação (WERKEMA, 2014).

Nesse contexto, Carpinetti (2016) e Werkema (2014) apresentam um conjunto de ferramentas. Ambos organizam essas ferramentas conforme sua utilização. Para a identificação e priorização de problemas, destacam-se: Estratificação, Folha de Verificação, Histograma, Gráfico de Pareto, Cartas de Controle, Mapeamento de Processos, Diagrama de Atividades, Diagrama de Causa e Efeito, além das Matrizes de Relações e de Priorização. Para a elaboração e implementação de soluções, são mencionados o Diagrama de Árvore, o Diagrama de Processo Decisório, a matriz 5W2H e o 5S. Na verificação dos resultados, algumas ferramentas recomendadas são a Estratificação, o Histograma, o Diagrama de Dispersão, o Gráfico de Pareto e as Cartas de Controle.

2.3. A qualidade nos processos de usinagem.

Gerasimenko et al. (2017) realizaram uma investigação sobre a estabilidade do processo de corte. Para os autores, a auto-oscilação presente nos processos de usinagem, pode ser considerada como a principal causa de vibrações que geram variabilidade no processo. Os autores estimaram um modelo matemático, visando estipular os limites da região de estabilidade no processo de torneamento de peças cilíndricas. Através do modelo, foram elaboradas recomendações sobre a escolha dos parâmetros tecnológicos de corte, visando a melhoria no processo.

Considerando os parâmetros de corte, Hammes et al. (2017) desenvolveram uma pesquisa avaliando dois fatores (avanço e profundidade de corte), que impactam diretamente na qualidade do acabamento superficial de peças usinadas. O estudo demonstrou que o principal fator responsável pela variabilidade da rugosidade nos corpos de prova foi o avanço (ou deslocamento) adotado no processo. Os autores relatam que o avanço deve operar em um nível baixo para a obtenção de um bom acabamento superficial das peças.

O desgaste das ferramentas de corte é outro fator que contribui para o surgimento de variabilidade significativa no processo de usinagem. Liu et al. (2017) monitoraram as condições de ferramentas de corte, bem como sua estimativa de degradação, a fim de garantir a qualidade no processo de usinagem de um rotor. Sua abordagem foi validada e os resultados experimentais indicaram que a estimação das condições e do status de degradação das ferramentas é efetiva e possui alta acurácia.

Alves et al. (2010) indicam que diversos processos de usinagem utilizam os fluidos de corte como meio de lubrificação e refrigeração da peça a ser produzida. Os autores abordaram três formas para aplicação do fluido de corte, em que o método otimizado, que possuía a premissa de abranger a superfície total a ser usinada, obteve resultados melhores no que se refere à precisão das peças usinadas, evidenciando a importância dos fluidos de corte nos processos de usinagem.

De forma geral, as pesquisas prévias apresentam importantes fatores que devem ser considerados para que haja a redução da variabilidade nos processos de usinagem. Desse modo, entende-se que a consideração de parâmetros como controle de vibrações, avanço e profundidade de corte, desgaste de ferramentas e a utilização de fluidos de corte demonstra ser uma maneira importante para a avaliação efetiva das técnicas para garantia da qualidade no processo de usinagem.

3. Materiais e métodos.

Esta pesquisa foi realizada nos setores de usinagem de empresas da indústria metalmecânica na região metropolitana do estado de São Paulo (Alto Tietê). Segundo relatório de Informações Econômicas e da Indústria de Transformação (FIESP/CIESP, 2019), essa região é responsável por aproximadamente 2% do PIB do estado, sendo a décima segunda com maior colaboração para este indicador. A Indústria de Transformação, que engloba a indústria metalmecânica, é responsável por 24,3% dos empregos formais da região, fator que ressalta sua relevância econômica e social.

Nesse estudo, a natureza da pesquisa pode ser definida como aplicada, que objetiva a geração de conhecimentos para uma aplicação prática, destinados a resolução de problemas específicos. Em relação a sua abordagem, a pesquisa pode ser classificada como qualitativa, pois a investigação do problema será baseada em aspectos da realidade que não são mensurados, além de ser centrada na compreensão e explicação dinâmica do problema (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

Para Gil (2022), as pesquisas descritivas têm como alvo a descrição de características de um determinado fenômeno ou população. Nesse sentido, este estudo se enquadra no campo descritivo, pois por meio dele é possível a identificação das técnicas utilizadas para controlar a qualidade nas empresas. Quanto aos procedimentos adotados, o autor complementa que essa classificação não deve ser delimitada com rigidez, já que as pesquisas em geral, não se enquadram com facilidade em um modelo específico. Entretanto, é possível defender que a proposta da pesquisa possui maior afinidade com o tipo estudo de casos múltiplos, considerando que permite um maior aprofundamento de conhecimento, porém com uma amplitude reduzida, estudando paralelamente mais de um caso para investigar o fenômeno identificado.

A metodologia de pesquisa foi estruturada em duas etapas. A primeira apresenta o método de preparação das entrevistas individuais, assim como a seleção das empresas e dos entrevistados. A segunda identifica as principais técnicas utilizadas no setor de usinagem para garantir a qualidade.

3.1. Etapa 1 – Preparação para entrevistas individuais.

Para elaboração da primeira etapa, a entrevista individual foi escolhida como ferramenta para a coleta de dados. Malhotra (2019) afirma que a entrevista individual é um dos principais métodos para coleta de dados em pesquisas qualitativas. O autor delimita que as entrevistas podem ser estruturadas, semiestruturadas ou não estruturadas, dependendo do nível de flexibilidade desejado no processo de coleta de dados.

Para Bernardes et al. (2018), entrevistas individuais consistem em um modelo de entrevista flexível e, em sua condução, o entrevistador pode utilizar perguntas pré-formuladas, visando o desenvolvimento de uma linha lógica para o processo de coleta de dados. Contudo, os autores relatam que o entrevistador não deve se limitar a seguir somente o roteiro previamente definido, uma vez que novos questionamentos podem surgir durante a entrevista. Sendo assim, a escolha por uma entrevista individual semiestruturada, apresenta-se como uma opção apropriada para a coleta de dados.

Para elaboração do roteiro de referência, foram elaboradas perguntas embasadas nos conceitos apresentados no referencial teórico, além do conhecimento empírico dos profissionais envolvidos na pesquisa. Para a escolha das empresas, foram considerados fatores como: (i) disponibilidade; (ii) porte; (iii) setor de atuação em metalmecânica; e (iv) infraestrutura interna com setor dedicado para usinagem. A disponibilidade das empresas foi delimitada a partir do retorno aos contatos dos pesquisadores, sendo necessária para o andamento da pesquisa. Empresas de diferentes portes foram contatadas na pesquisa, visando perspectivas e vivências diversas em relação a adoção de práticas para garantia da qualidade. Quanto aos critérios de atuação em metalmecânica e infraestrutura necessária, houve a necessidade de considerar apenas empresas que preenchessem esses dois requisitos.

Em relação a definição dos entrevistados, Malhotra (2019) destaca critérios básicos a serem considerados no processo, que incluem: pontos de vista distintos numa mesma população de interesse, número pequeno de entrevistados – em função da restrição de tempo das entrevistas individuais – e o conhecimento dos respondentes sobre o assunto. O autor indica que é fundamental a explicação sobre os objetivos e benefícios da pesquisa a fim de promover o interesse de participação do entrevistado.

As entrevistas individuais foram conduzidas por meio de vídeo conferência, considerando que esta é uma modalidade efetiva para tal aplicação. Em 2006, entrevistas semiestruturadas já eram conduzidas por ferramentas remotas, como e-mail, sendo consideradas alternativas viáveis quando entrevistas presenciais não são possíveis por uma série de fatores, como tempo, restrições financeiras ou limites geográficos (MEHO, 2006). Outro ponto importante para a realização e registro de entrevistas individuais é a gravação, que permite aos pesquisadores a revisão de respostas como subsídio para a análise e interpretação dos dados.

3.2. Etapa 2 – Análise e interpretação de dados de entrevistas individuais.

Gibbs (2011) afirma que o processo de análise qualitativa envolve dois tipos de atividades: (i) desenvolver uma consciência do tipo de dados obtidos para determinar sua adequação; e (ii) elaborar atividades que sejam adequadas aos tipos de dados e ao volume de informação a serem analisados. Exemplos podem ser considerados, como o processo de revisão e codificação dos dados envolvendo a identificação de padrões ou temas nos dados brutos em que o pesquisador cria códigos para organizar e categorizar as informações a fim de facilitar sua interpretação.

Desse modo, Malhotra (2019) complementa que o primeiro passo para a análise e interpretação dos dados é promover uma redução do volume de dados por meio de uma síntese das informações. Como resultado, obtém-se um resumo contendo informações consideradas relevantes para atingir os objetivos da pesquisa.

Considerando a interpretação dos dados, Malhotra (2019) destaca sete que podem ser empregadas de forma isolada ou combinada: (i) comparação interna (análise de dados dentro da mesma categoria); (ii) comparação temporal (opiniões antes e depois de um evento); (iii) comparação externa (avaliação com comparações de literatura); (iv) comparação teórica (relaciona dados com teorias que descrevem fenômenos); (v) ordenação por consenso (identifica pontos de acordo ou divergência); (vi) a ordenação por importância (destaca os elementos que mais interessam ou preocupam os entrevistados); e a construção de teoria (busca desenvolver ou revisar uma estrutura teórica relevante ao estudo).

Neste artigo, empregou-se primeiramente o método de comparação interna, para identificar as principais técnicas utilizadas no setor de usinagem para garantir a qualidade e os principais fatores de decisão para escolha de técnicas da qualidade. Em seguida, foi aplicado o método de comparação externa, para a avaliação e disseminação dos resultados da pesquisa em consonância com fatores apresentados pela literatura científica. Por fim, a nuvem de palavras foi utilizada visando apoiar o processo de análise de dados, agrupando e organizando graficamente as palavras chaves em função da sua frequência (CAMARGO; JUSTO, 2009). O Apêndice A apresenta o Roteiro das Entrevistas Individuais aplicadas no estudo.

4. Resultados.

Esta seção apresenta resultados da pesquisa. As características das empresas e dos entrevistados são sintetizadas e as práticas para garantir a qualidade são descritas conforme as entrevistas conduzidas. Na sequência são apresentados fatores de decisão para escolha de técnicas para garantia da qualidade e um comparativo entre as técnicas adotadas no cotidiano das organizações e as propostas pela literatura científica sobre o tema.

4.1. Características das empresas e dos entrevistados.

Os colaboradores entrevistados atuam diretamente nos setores de usinagem e ocupavam as funções de técnicos, analistas, engenheiros e gestores no momento das entrevistas. Além disso, os respondentes possuem experiência profissional com usinagem e formação técnica ou profissionalizante na área de mecânica industrial.

As empresas possuem características distintas quanto ao porte, produtos comercializados e certificações, porém todas mantêm um setor específico para usinagem em suas estruturas. Essas empresas, devido a restrições de confidencialidade de dados, foram nomeadas como empresas A, B, C, D e E. A Tabela 1 apresenta as características das empresas avaliadas.

Tabela 1 – Características da empresas avaliadas.

Empresa	Porte	Funcionários	Tempo atuação (anos)	Tamanho de lotes	Cargo do entrevistado
A	Micro	5	<15	<20	Gestor/Fundador
B	Grande	750	110	5	Técnico de manutenção
C	Grande	600	106	1500	Analista da qualidade
D	Grande	750	106	10	Técnico de processos
E	Pequeno	25	<15	<20	Gestor/Fundador

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

As empresas A e E utilizam o modelo de gestão familiar, com fundação no Brasil. Seus gestores também são os fundadores e atuam ativamente no processo produtivo. O foco das empresas é na fabricação de peças para clientes diretos, não possuem certificação do sistema de gestão da qualidade e trabalham com lotes com menos de 20 unidades. As duas empresas possuem menos de 15 anos de existência e seus clientes são grandes empresas da região. Seguindo diretrizes do Sebrae (2023), a empresa A pode ser considerada como microempresa, com cinco colaboradores, e não possui maquinário CNC (Controle Numérico Computadorizado). Enquanto a empresa E pode ser classificada como de pequeno porte, com 25 colaboradores, tendo máquinas CNC como a maior parte de seus equipamentos.

A empresa B possui um modelo de gestão que pode ser qualificado como profissional, com foco na fabricação do setor de usinagem e o atendimento do setor de manutenção da mesma empresa. Os lotes de fabricação são de até cinco unidades e o maquinário instalado não é CNC. A empresa possui certificações ativas ISO 9001, ISO 14001 e IATF 16949. A empresa é uma multinacional de origem brasileira de grande porte (cerca de 750 funcionários na unidade avaliada) com mais de 110 anos de mercado.

As empresas C e D podem ser classificadas como multinacionais de grande porte de origem japonesa, possuindo modelos de gestão profissional. O quadro de colaboradores é formado por 600 e 750 pessoas, respectivamente. Seus clientes são grandes empresas globais e ambas possuem certificações ativas ISO 9001, ISO 14001 e IATF 16949. Ambas apresentam o mesmo ano de fundação (com 106 anos), porém, a empresa C atua a 52 anos no mercado brasileiro, enquanto a empresa D está no território a 45 anos. Em termos de produção, a empresa C foca em peças para clientes e a empresa D fabrica peças para seus próprios produtos. A empresa C trabalha com lotes de 1500 unidades, enquanto a empresa D fabrica no máximo 10 unidades por lote. A empresa D é a única, entre as avaliadas, que produz aproximadamente 90% de sua matéria-prima, resultando em uma dependência mínima de fornecedores em comparação às demais.

4.2. Práticas para garantir a qualidade.

As questões abordadas durante as entrevistas individuais foram segmentadas em quatro grupos de afinidades: (i) matéria-prima, (ii) capacitação dos colaboradores, (iii) técnicas para garantia da qualidade e (iv) manutenção de equipamentos. Em relação a matéria-prima, foram consideradas práticas como o desenvolvimento de fornecedores, garantia da qualidade, condições de armazenamento e protocolos de segurança e manuseio. Sobre capacitação de colaboradores, foram evidenciadas exigências para seleção do pessoal de chão de fábrica, organização dos treinamentos, forma que os treinamentos são realizados e os conteúdos abordados. Na avaliação das técnicas para garantia da qualidade, foram abordados assuntos relacionados a procedimentos de medição, condições de uso do setor de usinagem, identificação e priorização de problemas relacionados a qualidade, métodos e ferramentas utilizadas para elaborar e monitorar soluções, programas de melhoria da qualidade e parâmetros de usinagem. As questões relacionadas com a manutenção de equipamentos foram vinculadas a aspectos como a idade média das máquinas ativas nos setores de usinagem e a existência de planos de manutenção e seus métodos.

4.2.1 Matéria-prima.

As empresas de grande porte (B, C e D) possuem práticas definidas para o processo de desenvolvimento de fornecedores, incluindo a realização de auditorias. As demais empresas da amostra utilizam práticas baseadas no diálogo e na credibilidade institucional para o desenvolvimento dos fornecedores. A empresa A encaminha um relatório anual para o fornecedor abrangendo questões a cerca de boas práticas de fabricação e certificações, enquanto a empresa E afirma não conduzir esses processos devido à alta credibilidade do seu fornecedor.

Para garantir a qualidade da matéria-prima, todas as empresas exigem do fornecedor o certificado de conformidade e realizam medições de parâmetros críticos com instrumentos de medição calibrados. As empresas de grande porte exigem também a certificação específicas, como a ISO 9001 e a ISO 14001, realizam inspeção por amostragem no recebimento e comparam os resultados da inspeção com o certificado de conformidade emitido pelo fornecedor. Nas micro e pequenas empresas esses procedimentos não são adotados pois as organizações argumentam que o certificado de conformidade emitido pelo fornecedor deve garantir a entrega do que foi comprado.

Quanto ao armazenamento das matérias-primas, todas as empresas avaliadas possuíam almoxarifado com estrutura de armazenagem até a sua utilização. Ressalta-se que a empresa A não possui um local específico para o armazenamento da MP em função do baixo volume de compras e consumo rápido da matéria-prima. Destaca-se ainda que a empresa C utiliza o método *First In, First Out* (FIFO) para organização de seus estoques, enquanto a empresa D realiza um processo de pintura para evitar oxidação de alguns materiais armazenados.

4.2.2 Capacitação dos colaboradores.

Foi evidenciado um aspecto de unânime de contratação de pessoas com experiência comprovada com processos de usinagem e formação técnica ou profissionalizante em mecânica industrial. As grandes empresas possuem um cronograma estruturado para os treinamentos dos seus funcionários, sendo que a empresa C disponibiliza os treinamentos de acordo com a meta mensal estipulada no plano de carreira do colaborador. Esses treinamentos são realizados *in loco* pelo setor responsável pelo assunto, compreendendo aulas teóricas e práticas. As empresas A e E não executam treinamentos de forma periódica.

No que tange os programas de treinamento, a empresa B foca em conteúdos voltados para a segurança do trabalho, enquanto a empresa C define os treinamentos de acordo com a matriz de versatilidade do colaborador - sistema desenvolvido pela empresa para monitorar o grau de conhecimento e crescimento do funcionário. A empresa D prioriza os conteúdos voltados para a reciclagem de conhecimentos.

4.2.3 Técnicas para garantia da qualidade.

As empresas com foco em peças para manutenção interna e de terceiros (A, B e E), adotam uma política de inspeção 100% nas peças usinadas e emitem relatório de conformidade para cada uma delas. As empresas A e B atribuem a tarefa de inspeção ao próprio operador, enquanto a empresa E dispõe de uma equipe da qualidade. Os relatórios de conformidade emitidos pelas empresas A e E são enviados aos clientes junto com os produtos fabricados. Os relatórios da empresa B são encaminhados e conferidos pelo operador responsável pela montagem da peça, uma vez que as peças produzidas são para uso interno do setor de manutenção.

Já as empresas com foco em produção de peças para compor produtos de clientes (empresa C), e seus próprios produtos (empresa D), utilizam métodos estatísticos para monitorar o processo. Na empresa C, os operadores realizam a inspeção das peças na frequência definida na Ordem de Produção (OP), registrando dados em um software de gerenciamento de produção. Já na empresa D, apenas a primeira peça usinada é medida, com o objetivo de validar o setup da máquina. O valor obtido é registrado em tempo real no software de gerenciamento de produção, por meio de um sistema *wireless* dos instrumentos de medição utilizados. Ambas aplicam o Controle Estatístico do Processo (CEP) e, ao final de cada lote, a equipe da qualidade conduz inspeções por amostragem. O Quadro 1 sintetiza os métodos de medição de parâmetros da qualidade utilizados pelas empresas avaliadas.

Quadro 1 – Métodos de medição de parâmetros da qualidade utilizados pelas empresas avaliadas.

Empresa	Frequência de medição	Tipo de inspeção	Responsável
A	Sempre que o operador julgar necessário	Inspeção 100% ao final do processo	Operador
B	Sempre que o operador julgar necessário	Inspeção 100% ao final do processo	Operador
C	Frequência de medição definida na OP	Inspeção por amostragem ao final do processo	Equipe da qualidade
D	Realiza medição na primeira peça usinada para validar o setup da máquina	Inspeção por amostragem ao final do processo para lotes Brasil; Inspeção 100% ao final do processo para lotes Japão	Equipe da qualidade
E	Sempre que o operador julgar necessário	Inspeção 100% ao final do processo	Equipe da qualidade

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

As condições de uso do setor de usinagem são amparadas pelo programa 5S, adotado em todas as instituições avaliadas. Foram constadas ações como o descarte adequado de resíduos, limpeza e organização do setor e do ferramental e identificação dos equipamentos e instrumentos de medição. As grandes empresas se destacam por uma maior estruturação dos programas 5S. Na empresa B, o 5S é mantido por meio de auditorias internas entre os setores. A empresa C analisa o desempenho dos setores em relação a uma estimativa padrão, enquanto a empresa D promove o "PMDAY"- *Project Management Day* - em que se realiza a parada total das atividades, duas vezes ao mês durante duas horas, para que os colaboradores se dediquem ao 5S.

Para a identificação de problemas de qualidade nos produtos, as empresas A e E utilizam o relato do colaborador responsável pela inspeção da peça e os priorizam de acordo com a anuência do gestor. A empresa B, além de adotar a mesma prática, conta com uma dupla verificação por parte do colaborador responsável pela montagem da peça. Os operadores devem conferir o relatório de conformidade anexado na Ordem de Produção antes da utilização da peça. A priorização do problema é determinada a partir da disponibilidade e custo de material.

As empresas C e D, além de contarem com o relatório do processo de inspeção, monitoram o processo por meio de gráficos de controle para identificar causas especiais e realizar a ação local. Quanto a priorização dos problemas, a empresa C os classifica como graves, críticos e inaceitáveis, enquanto a empresa D indica que seus colaboradores preenchem o "Registro de Inconformidade (RI)" com as causas identificadas para priorizá-las por meio de gráficos de Pareto.

Para solução de problemas, as empresas A e E reúnem os operadores e gestores a fim de conduzir seções de *Brainstorming* das possíveis causas dos problemas e definir soluções com base nos dados coletados e no conhecimento da equipe. A empresa B utiliza o diagrama de árvore para problemas que surgem em peças usinadas a partir de materiais escassos no estoque ou caros. As empresas C e E utilizam ainda o modelo *Lean Six Sigma* (LSS) e ferramentas como cinco porquês e o Diagrama de Ishikawa.

Após a verificação do processo de solução de problemas, foram avaliados os métodos de acompanhamento, visando identificar como as empresas avaliam a efetividade das soluções. As empresas A, B e E, utilizam a inspeção 100%. Entretanto a empresa B, assim como as empresas C e D, realiza revisões anuais dos Procedimentos Operacionais Padrão. Além disso, as empresas C e D monitoram o andamento das ações com o DMAIC (utilizado em Programas Seis Sigma) quando são analisados problemas complexos, muitas vezes derivados de projetos maiores.

Destacam-se algumas particularidades, como a condução de reuniões mensais entre os líderes de produção, qualidade e gestores na empresa C para avaliarem o impacto das soluções nos indicadores de desempenho e o uso do gráfico de Pareto para analisar o comportamento da inconformidade tratada pela solução na empresa D. A Figura 1 apresenta o fluxo dos processos aplicação das técnicas para garantia da qualidade.

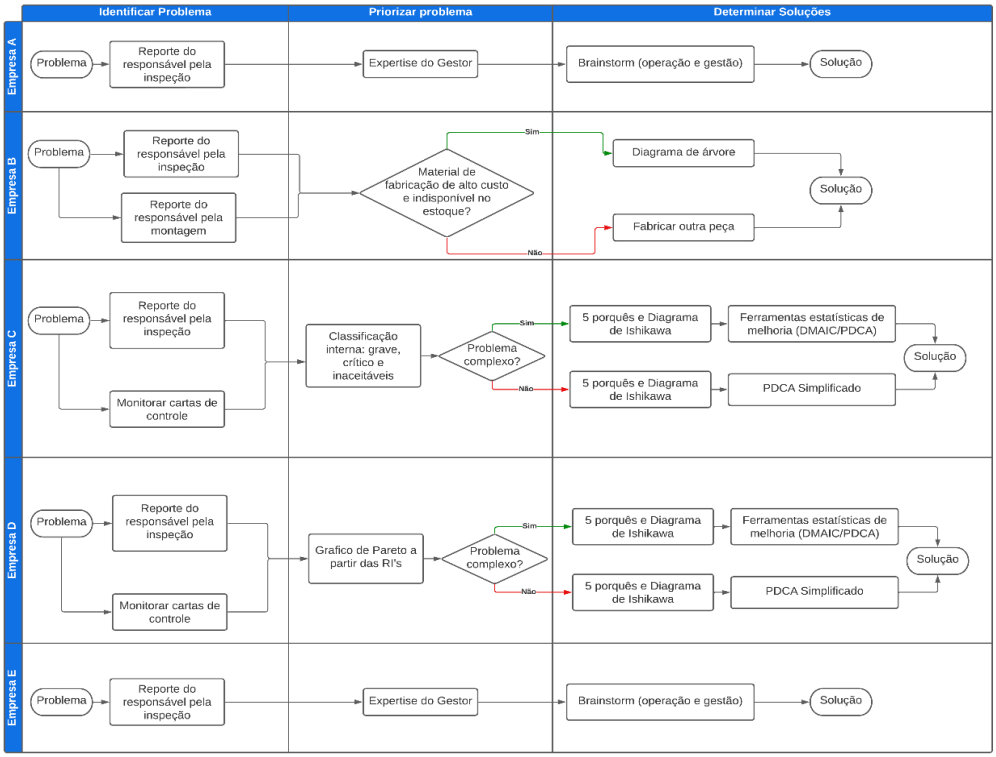


Figura 1 – Fluxo de aplicação das técnicas para garantia da qualidade. Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

No que se refere a programas de melhoria da qualidade, as micro e pequenas empresas não possuíam programas estruturados. Em contrapartida, as grandes empresas adotam programas estruturados, visando também a motivação dos colaboradores que contribuem para o processo de melhoria da qualidade. O Quadro 2 apresenta os programas de garantia da qualidade e seus impactos e reconhecimentos.

Quadro 2 – Programas de garantia da qualidade e seus impactos e reconhecimentos.

Empresa	Programa e melhoria	Impactos/Reconhecimento
A	Não possui	Não possui
B	Programa “Metas”	Programa impacta positivamente na participação de lucros (PLR) dos colaboradores
C	Programa “Atitudes que movimentam”; Programa “Kata de Melhoria”	Premiação em dinheiro para as ações de destaque
D	Programa “CMC – Controle de Melhoria Contínua”	Premiação em dinheiro ou viagens para a matriz para as ações de destaque
E	Não possui	Não possui

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Quanto aos parâmetros de usinagem adotados na fabricação dos produtos, foi investigada a existência de tarefas de diagnóstico quanto a possíveis desgastes das ferramentas utilizadas no processo de usinagem. Foi evidenciada a não realização de estudos ou acompanhamentos do tipo em todas as instituições avaliadas. Além disso, com exceção da empresa C, que realiza trocas periódicas das ferramentas de corte com base no plano de manutenção preventiva, os entrevistados relataram que as empresas realizam trocas de ferramental com base na experiência de seus operadores.

Os parâmetros de avanço e profundidade de corte variam de acordo com o tipo de maquinário. Para máquinas convencionais, as empresas os determinam pela experiência do operador e das recomendações dos fornecedores. Nas empresas C, D e E, que possuem máquinas CNC, a realidade é diversa. As empresas D e E utilizam os parâmetros estabelecidos pelos técnicos de produção no *software* de usinagem das peças. Na empresa C, os parâmetros máximos e mínimos são registrados na ordem de produção e o operador da máquina define quais valores utilizará dentro deste intervalo.

4.2.3 Manutenção de equipamentos.

A empresa A não possui informações registradas sobre a idade média das máquinas ativas, enquanto as demais estimam as idades médias do maquinário instalado como 45 anos (empresa B), 15 anos (empresa C) e 10 anos (empresas D e E). Todas as empresas afirmam que seguem planos de manutenção internos, porém somente as empresas de origem japonesa (C e D) aplicam uma metodologia estruturada de manutenção preventiva e preditiva, baseada na Manutenção Produtiva Total (TPM – *Total Productive Maintenance*). Além disso, as empresas de grande porte (B, C e D) possuem planejamento anual para o *retrofit* do maquinário. As empresas A e E focam em planos de manutenção baseados em manutenções corretivas, porém a empresa E realiza manutenções preventivas em momentos de ociosidade das máquinas.

4.3. Fatores de decisão para escolha de técnicas para garantia da qualidade.

No decorrer do estudo, observou-se que empresas de micro e pequeno porte tendem a não adotar técnicas estatísticas ou analíticas para garantir a qualidade da matéria-prima. Na visão dos gestores destas empresas, o custo de manter uma equipe focada em qualidade e certificações do sistema da qualidade, aliados à baixa demanda por matéria-prima, são os principais fatores que refletem na escolha pela não adoção das técnicas.

Quanto a capacitação de colaboradores, as limitações orçamentárias e de infraestrutura existentes nas micro e pequenas empresas são os principais fatores apontados para a escolha dos programas. Na questão sobre técnicas para garantia da qualidade, percebe-se que as grandes empresas apresentam maiores semelhanças. Nesse contexto, pode-se depreender como fatores chaves para essas empresas a alta competitividade, o elevado grau de exigência mercadológico, a consciência da importância das equipes da qualidade e das certificações do sistema da qualidade, além da cultura empresarial.

No aspecto da manutenção de equipamentos, verifica-se uma alta produtividade e eficiência das empresas de origem japonesa, que utilizam a TPM como base de suas operações. Essas duas empresas optam por técnicas que, além de resguardarem as condições dos equipamentos, consideram a eficiência do processo produtivo como principal fator de atuação. Com isso, é possível inferir que variáveis como o modelo de gestão adotado, o tipo de foco de fabricação das peças, a nacionalidade de origem das empresas e, principalmente, o porte, são os principais fatores de diferenciação evidenciados neste estudo para a escolha das técnicas para garantia da qualidade.

4.4. Comparativo entre técnicas adotadas e a literatura científica.

Para realizar uma comparação entre as técnicas verificadas nas empresas avaliadas neste trabalho e as práticas amplamente disseminadas na literatura científica sobre o tema, foram elaboradas três nuvens de palavras através do aplicativo *Power* BI. Este recurso foi desenvolvido a partir dos dados coletados sobre os grupos de matéria-prima, técnicas para garantia da qualidade e manutenção de equipamentos. As respostas sobre iniciativas de capacitação de colaboradores não foram abordadas aqui, pois não apresentaram maiores aprofundamentos quando comparadas às demais. A Figura 2 apresenta a nuvem de palavras para o grupo referente a matérias-primas.



Figura 2 – Nuvem de palavras para o grupo referente a matérias primas. Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A palavra que mais apresenta destaque diz respeito ao desenvolvimento de fornecedores, com a palavras vinculadas a "Fornecedor" aparecendo em 16 oportunidades. As empresas brasileiras, de maneira geral, encontram-se em um período de transição desde a chamada "abertura comercial", na década de 1990, passando de uma economia com maior interferência estatal para uma economia globalizada, constituída majoritariamente pela qualidade, produtividade e competitividade fundamentadas por padrões internacionais. Desse modo, as empresas passaram a dar ênfase na eliminação de ineficiências na produção, na redução de custos e na construção de relações estáveis com fornecedores e clientes, buscando a sua certificação e exigindo dos parceiros comerciais, principalmente ISO 9001 e ISO 14001, para promover a qualidade como arma competitiva (NETO et al., 2014). Expressões associadas a certificações, como "ISO 9001 e 14001" ou "certificado", apareceram em 13 oportunidades.

Entretanto, segundo os mesmos autores, grande parte das empresas brasileiras ainda não completaram essa transição, principalmente as de menor porte. Os resultados verificados no grupo de matéria-prima evidenciam que empresas de grande porte são certificadas e buscam fornecedores certificados, realizando um forte trabalho no processo de desenvolvimento de fornecedores. Porém, as micro e pequenas empresas pesquisadas estão distantes desse cenário, principalmente por conta da filosofia de custeio defendida por seus gestores. Esse resultado corrobora diretamente a visão apresentada por Neto et al. (2014).

Em relação ao uso de instrumentos de medição calibrados, Albertazzi e Sousa (2018) defendem que há uma tendência de piora no desempenho de sistemas de medição no decorrer dos anos, principalmente em função de seu uso. Sendo assim, para manter sua confiabilidade e replicabilidade de resultados, o sistema de medição deve ser verificado e calibrado periodicamente. Foi verificada, em um aspecto, a unanimidade entre o que é apontado pela literatura científica da área e o que busca ser aplicado nas empresas avaliadas, uma vez que todos os entrevistados afirmaram que suas empresas realizam calibrações periódicas de seus instrumentos de medição utilizados nas inspeções de recebimento de matéria-prima.

Já no processo de armazenamento, Paoleschi (2019) afirma que na infraestrutura do almoxarifado são necessários cuidados como: (i) proteção contra umidade, luz ou calor excessivo; (ii) itens que requeiram climatização devem ser tratados adequadamente, conforme normas e regulamentos vigentes; (iii) produtos químicos e tóxicos devem receber tratamento especializado; e (iv) o local deve ser seguro e com acesso restrito a pessoas autorizadas. Nas entrevistas, percebeu-se que a maioria das empresas possuem almoxarifados adequados (B, C, D e E), conforme indicado pela literatura, entretanto isso não foi verificado na microempresa avaliada, que dispensa esses cuidados em função do baixo volume e pouca variedade de materiais.

Ao avaliar técnicas para garantia da qualidade, Gerasimenko et al. (2017) realizaram uma investigação sobre a estabilidade do processo de corte. Para os autores, a auto-oscilação presente nos processos de usinagem, pode ser considerada como a principal causa de vibrações que geram variabilidade no processo. A Figura 3 mostra a nuvem de palavras para o grupo referente a técnicas para garantia da qualidade.

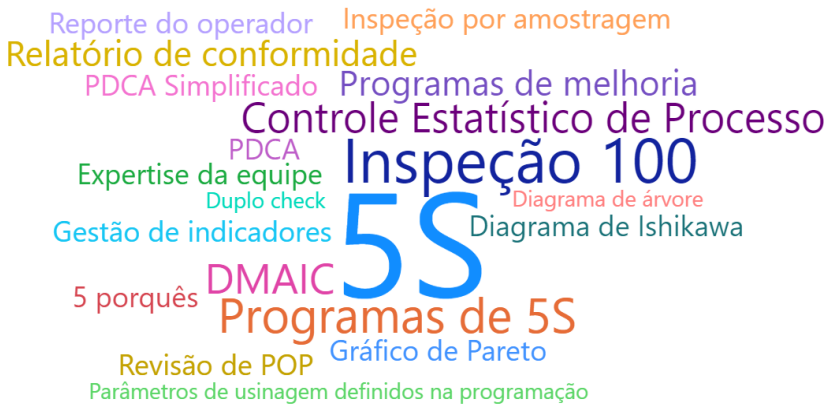


Figura 3 – Nuvem de palavras para o grupo referente a técnicas para garantia da qualidade.
Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Os estudos de Alves et al. (2010), Liu et al. (2017) e Hammes et al. (2017), que abordam parâmetros do processo de usinagem, apresentam fatores que devem ser considerados para que haja a redução da variabilidade nesse tipo de processo. Com isso, infere-se como importante que parâmetros como controle de vibrações, avanço e profundidade de corte, desgaste de ferramentas e fluidos de corte sejam considerados para avaliar as técnicas para garantia da qualidade.

No que se refere a técnicas gerenciais, as inspeções são corriqueiras na rotina das empresas sejam inspeções totais (100%), por amostragem, ou mistas. Para contexto, a palavra "inspeção" foi citada 18 vezes, em oito delas com o complemento "100%". Limeira et al. (2015) relata que as inspeções totais são recomendadas e necessárias quando o produto tiver alto nível de importância e a presença de qualquer defeito impeça seu funcionamento ou utilização. Contudo, esta pesquisa demonstra que além da importância do produto, o tamanho do lote fabricado e o perfil da empresa também influenciam no tipo de inspeção a ser adotado. Considerando a amostra, no caso de empresas com foco em usinagem de peças para manutenção, foi aplicada a inspeção 100%, com a finalidade de emitir relatórios de conformidade para cada peça produzida, como parte do processo de garantia de qualidade.

Os programas para garantia da qualidade das grandes empresas japonesas, evidenciados no Quadro 2, também fazem parte do Lean Six Sigma (LSS), com a inclusão de ferramentas como Controle Estatístico de Processo, 5S, Cinco porquês, Diagrama de Ishikawa, Gráfico de Pareto e Diagrama de Árvore. Esse resultado vai parcialmente ao encontro da afirmação de Werkema (2014), que sustenta o crescimento no interesse pela metodologia LSS no contexto brasileiro. Os resultados indicam ainda a relevância dos métodos de avaliação da qualidade apresentados na seção 2.2, demonstrando a aplicação dos ciclos DMAIC, PDCA e PDCA Simplificado como técnicas para garantia da qualidade nas empresas analisadas.

Outro destaque pode ser atribuído ao 5S que, segundo Paladini (2019), é uma técnica importante sob a perspectiva da qualidade, pois facilita a obtenção de resultados práticos, visíveis e valiosos. O autor defende que a ação é um processo útil para iniciar um programa para a produção da qualidade nas organizações. Na Figura 3 pode ser visualizado o engajamento das empresas com as orientações da literatura no que se refere à adoção do 5S (cinco menções para compor a nuvem de palavras), porém é importante salientar que embora todas as empresas afirmem aplicar o 5S, apenas as grandes possuem programas 5S formalmente estruturados.

No que tange a atividades de manutenção industrial, Almeida (2016) relata que a manutenção é definida de maneiras diferentes, entretanto, todos enfatizam a preocupação com o bom funcionamento das máquinas e equipamentos e a importância de um plano de manutenção em sistemas produtivos nos quais o cumprimento de prazos, segurança no trabalho e cuidados com meio ambiente são fundamentais para competitividade da empresa. O autor classifica as atividades de manutenção em: corretiva, preventiva, preditiva, TPM e Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC). A Figura 4 ilustra a nuvem de palavras relativa à manutenção de equipamentos.



Figura 4 – Nuvem de palavras relativa à manutenção de equipamentos. Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Neste contexto, pode ser verificado um alinhamento parcial entre a referência citada e a realidade das empresas, uma vez que todas possuem planos de manutenção e aplicam técnicas condizentes com a classificação proposta, em maior ou menor nível (exceto no caso da MCC, que não foi reportada). Destaca-se que a maior parte das técnicas adotadas pelas empresas estão no estágio de manutenção preventiva (três citações diretas), com exceção das multinacionais de origem japonesa, que aplicam a TPM diretamente (duas citações). Nas empresas pesquisadas não ficou evidente o uso de tecnologias da Indústria 4.0 para na manutenção dos ativos.

Os resultados identificados sugerem que a adoção de metodologias estruturadas, como o PDCA, o Seis Sigma e a TPM, em empresas do setor metalmecânico é acompanhada de disparidades significativas, sendo influenciada por fatores como porte das empresas e filosofias gerenciais. Embora organizações maiores tenham apresentado implementações consolidadas e integradas (como a aplicação formal da TPM e o uso do Ciclo DMAIC), as micro e pequenas empresas demonstraram maior utilização de ações pontuais e não conectadas estrategicamente. Isso pode estar associado a uma tendência do setor metalmecânico, ou mesmo da cultura empresarial local, sugerindo que, a fim de conquistar resultados relevantes, abordagens como o LSS, sejam adaptadas através de modelos simplificados e de baixo custo que considerem as particularidades operacionais e gerenciais de micro e pequenas empresas.

5. Conclusões.

Para atender ao objetivo geral de pesquisa, comparar as técnicas de garantia da qualidade recomendadas pela literatura com as técnicas utilizadas pelas empresas da indústria metalmecânica na região do Alto Tietê, foram conduzidas duas etapas. A primeira preparou e aplicou as entrevistas individuais com profissionais das empresas avaliadas, fundamentando a segunda etapa, que identificou as principais técnicas para garantia da qualidade nos setores de usinagem considerados.

Por meio dessa identificação foi possível visualizar os principais fatores de decisão para escolha dos programas e técnicas da qualidade nas diferentes empresas. Na amostra avaliada, evidenciou-se que as micro e pequenas empresas não adotam técnicas estatísticas e/ou analíticas para garantia da qualidade. Por outro lado, percebeu-se que as grandes empresas aplicam técnicas estatísticas e analíticas para garantir a qualidade de seus produtos. Esse resultado pode estar diretamente relacionado a maiores níveis de competitividade mercadológica no ambiente das grandes empresas, além de maior acesso a atualizações pedagógicas e tecnológicas e também da existência de equipes focadas em qualidade e das certificações do sistema da qualidade. Cita-se ainda, no caso das empresas de origem japonesa, a vantagem de ter intrínseca em sua cultura organizacional a filosofia da melhoria contínua para a busca por correção de falhas e otimização de processos.

Este estudo identificou como a teoria apresentada em cursos de graduação e pós-graduação considerando aspectos da engenharia da qualidade é aplicada no cotidiano de empresas pertencentes à indústria metalmecânica. Sua contribuição pode ser verificada através de dois referenciais principais: para a academia, por meio da constatação de quais ferramentas teóricas são mais aplicadas no campo de estudo, e para os gestores de micro, pequenas e grandes empresas, com a exemplificação do funcionamento dessas práticas no dia a dia organizacional. Assim, a relevância teórica dessas metodologias foi destacada, no entanto, defende-se uma necessidade de maior customização de ferramentas para a realidade local das instituições a fim de ampliar sua aplicabilidade junto as empresas de menor porte, que são a maior parcela das indústrias brasileiras.

A respeito das dificuldades e limitações da pesquisa, pode-se destacar o tamanho amostral e a disponibilidade das agendas dos entrevistados. Embora a maioria dos convidados tivessem demonstrado interesse no estudo, a rotina corporativa contribui para que profissionais de algumas empresas

desistissem da participação. Assim, para futuros estudos, é importante a expansão do perfil de empresas integradas na pesquisa, assim como a inclusão de um número maior de profissionais. A análise em setores diversos também é sugerida, inclusive como critério de comparação, ou *benchmarking* interno e externo. Novos instrumentos de coleta de dados, como verificações *in loco*, podem ser elaborados para otimizar a verificação das práticas de garantia da qualidade no cotidiano das instituições.

Referências.

ALBERTAZZI, A.; SOUSA, A. R. **Fundamentos de metrologia científica e industrial**. 2 ed. Barueri: Editora Manole, 2018.

ALVES, M. C. S. et al. Influência das técnicas de mínima quantidade de lubrificante, refrigeração otimizada e refrigeração convencional na qualidade de peças produzidas com aços endurecidos no processo de retificação. **Ingeniare - Revista Chilena de Ingeniería**, v. 18, n. 2, p. 228-234, 2010. Disponível em: http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052010000200009.

AYACH, L. et al. *Quality cost management in Moroccan industrial companies: empirical study*. ***Journal of Industrial Engineering and Management***, v. 12, n. 1, p. 97-114, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.3926/jiem.2749.

BERNARDES, E. et al. **Pesquisa Qualitativa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. São Paulo: Atlas, 2018.

CAMARGO, B. V.; JUSTO, A. M. IRAMUTEQ: um software gratuito para análise de dados textuais. **Temas em Psicologia**, v.21, n.2, p. 513-518. Disponível em: https://doi.org/10.9788/TP2013.2-16.

CARPINETTI, L. C. R. **Gestão da Qualidade - Conceitos e Técnicas**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2016.

COHEN, A. et al. *A statistical analysis of critical quality tools and companies' performance.* ***Journal of Cleaner Production***, v. 255, 120221, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120221.

DALLACORTE, F. C. **Tendências do setor metalmecânico para pequenas indústrias 2019/2021**. Site SEBRAERS, 2019. Disponível em: https://sebraers.com.br/metalmecanico/tendencias-do-setor-metalmecanico-para-as-pequenas-industrias/.

DEFEO, J. A.; JURAN, J. M. **Fundamentos da Qualidade para Líderes**. Porto Alegre: Bookman, 2015.

Firjan - FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **O setor metal mecânico e a Firjan**. Rio de Janeiro: Firjan, 2021. Disponível em: https://www.firjan.com.br/o-sistema-firjan/setores-de-atuacao/metal-mecanico/.

FIESP - FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Panorama da indústria de transformação brasileira**. São Paulo: FIESP/CIESP, 2019. Disponível em: https://www.abtra.org.br/infraestrutura/panorama-da-industria-de-transformacao-brasileira-2019/.

GARVIN, D. A. **Gerenciando a qualidade: a versão estratégica e competitiva**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1992.

GERHARDT; T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009.

GIBBS, G. **Análise de Dados Qualitativos**. Porto Alegre: Artmed, 2009.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 7. ed., Rio de Janeiro: Atlas, 2022.

GERASIMENKO, A., et al. *Analytical modeling of a thin-walled cylindrical workpiece during the turning process. Stability analysis of a cutting process.* ***Journal of Vibroengineering***. Moscou, v. 19, p. 5825-5841, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.21595/jve.2017.18061

GROOVER, M. P. **Fundamentos da Moderna Manufatura**. 5. ed., v. 1. São Paulo: LTC, 2017.

HAMMES, J. M. et al. Otimização do acabamento superficial no torneamento cilíndrico externo de um aço SAE1045. **Revista Gestão da Produção, Operações e Sistemas**. v. 12, n. 2, 138-156, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.15675/gepros.v12i2.1640.

LIMEIRA, E. T. N. P. et al. **Controle da Qualidade: princípios, inspeção e ferramentas de apoio na produção de vestuário**. São Paulo: Érica, 2015.

LIU, Y. et al. *Tool condition monitoring and degradation estimation in rotor slot machining process.* ***The International Journal of Advanced Manufacturing Technology***, v. 91, p. 39-48, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s00170-016-9706-x.

MACHADO, A. R. et al. **Teoria da usinagem dos materiais**. São Paulo: Editora Blucher, 2015.

MALHOTRA, N. K. **Pesquisa de marketing: uma orientação aplicada**. 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2019.

MEHO, L. I. *E-mail interviewing in qualitative research: a methodological discussion.* ***Journal of the American Society for Information Science and Technology***, v.57, n. 10, p. 1284-1295, 2006. Disponível em: https://doi.org/10.1002/asi.20416.

MELLO, M. F. et al. A importância da utilização de ferramentas da qualidade como suporte para melhoria de processo em indústria metal mecânica – um estudo de caso. **Exacta - EP**, v. 15, n. 4, p. 63-75, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.5585/exactaep.v15n4.6898.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2016.

NETO, J. A. et al. **Gestão estratégica de fornecedores e contratos - uma visão integrada**. São Paulo: Editora Saraiva, 2014.

PAOLESCHI, B. **Almoxarifado e gestão de estoques**. 3. ed. São Paulo: Érica, 2019.

PALADINI, E. P. **Gestão da Qualidade - Teoria e Prática**. 4. ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2019.

SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio a Micro e Pequena Empresa. **Qual a receita bruta e o número de empregados para MEI, ME e EPP*?*** Site do SEBRAE, 17 jun. 2023. Disponível em: https://www.sebrae-sc.com.br/blog/numero-de-empregados-receita-bruta-para-mei-me-epp.

SHIVAJEE, V. et al. *Manufacturing conversion cost reduction using quality control tools and digitization of real-time data.* ***Journal of Cleaner Production***, v. 237, 117678, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117678.

WERKEMA, C. **Ferramentas estatísticas básicas do Lean Seis Sigma integradas ao PDCA e DMAIC**. São Paulo: Atlas, 2014.

Apêndice A – Roteiro das entrevistas individuais.

A. MATÉRIA PRIMA

1. A empresa realiza o processo de desenvolvimento de fornecedores? Se sim, como é feito? Se não, por que não é realizado?
2. Como a empresa garante a qualidade da matéria prima? (Em caso de dúvida do entrevistado: É realizada a inspeção da MP no recebimento? Se sim, como é estruturada? É utilizado instrumentos de medição para o processo de inspeção? Como é garantido que o resultado da medição é confiável (calibração de instrumentos)?
3. Já que não é realizada a inspeção da MP no recebimento, existe um contrato onde o fornecedor se responsabiliza pelo atendimento das especificações?
4. Como é armazenada a MP? Seu armazenamento garante que a MP estará adequada para utilização no processo fabril?
5. A empresa possui protocolos de segurança quanto ao uso de EPIs para manuseio da MP?

B. CAPACITAÇÃO DE COLABORADORES

6. No processo de seleção dos colaboradores de chão de fábrica o que é exigido (experiência, formação técnica, formação profissionalizante)?
7. Como é a organização dos treinamentos para o pessoal técnico de chão de fábrica?
8. Qual é a forma que esses treinamentos são realizados? São aulas integralmente teóricas, práticas ou mescladas? São realizados na empresa ou em um ambiente externo?
9. Quais são os conteúdos abordados nos treinamentos para os colaboradores do setor de usinagem?

C. TÉCNICAS PARA GARANTIA DA QUALIDADE

10. Com que frequência, quem realiza e o que é feito com os dados das medições?

11. Como a empresa mantém o setor de usinagem em condição de uso?

12. Como são identificados e priorizados os problemas relacionados a qualidade do produto?

13. Mediante a identificação e priorização dos problemas, é utilizado algum método ou ferramenta, para elaborar as soluções?

14. Após implementarem a solução, como é analisado/monitorado se o problema foi resolvido?

15. Existe algum programa de melhoria da qualidade?

16. Esse programa de melhoria, considera a motivação dos colaboradores? Se sim, de que forma isso é abordado (premiações em dinheiro, bonificações através de vales alimentação etc.)?

D. MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS

17. É realizado algum diagnóstico quanto ao desgaste das ferramentas de corte no processo de usinagem?

18. Como não é realizado nenhum tipo de diagnóstico, como é definido o tempo de troca das ferramentas de corte?

19. Como é definido o tempo de troca dos fluidos de corte das máquinas?

20. Como são estipulados os parâmetros de avanço e profundidade de corte nos processos de usinagem?

21. Qual a idade média das máquinas ativas no setor de usinagem?

22. A empresa possui um plano de manutenção que envolve as diferentes máquinas do setor?

23. Nesse plano, o reparo é realizado somente quando as máquinas quebram, ou existe algum tipo de monitoramento das máquinas para prevenir esse tipo de situação?

24. Esse monitoramento considera dados que envolvam a forma que o maquinário pode falhar, bem como o que causa essas falhas?